

CHARGED PARTICLE BEAM FOCUSING MAGNETIC LENS**Publication number:** JP2000149842 (A)**Also published as:****Publication date:** 2000-06-30

DE19952169 (A1)

Inventor(s): INTO STEPHEN W

US6362486 (B1)

Applicant(s): SCHLUMBERGER TECHNOLOGIES INC

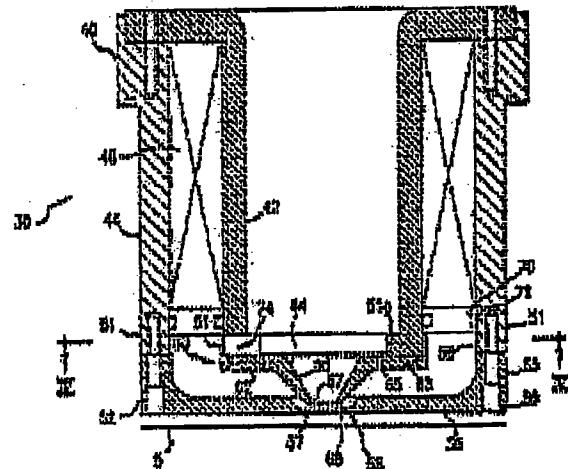
KR20000034984 (A)

Classification:

FR2786023 (A1)

- International: H01J37/244; H01J37/141; H01J37/244; H01J37/10; (IPC1-7): H01J37/141**- European:** H01J37/141**Application number:** JP19990319019 19991110**Priority number(s):** US19980191102 19981112**Abstract of JP 2000149842 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic lens with an improved charged particle beam focusing. **SOLUTION:** This lens is provided with a pole-piece 40 having an inside yoke 42, an outside yoke 44, and a winding 46. A lens outside pole fixed to the outside yoke 44 is provided with a first surface having a first opening, which is positioned and defined so that a beam is passed through it. A lens inside pole fixed to the inside yoke 42 is provided with a second surface having a second opening, which is matched with the first opening and defined so as to be provided with a diameter smaller than that of the first opening.



D4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特期2000-149842

(P2000-149842A)

(43)公開日 平成12年5月30日(2000.5.30)

(51) Int.Cl.?

識別記号

F I
H O L L 37/141

5-27-1* (拾者)

(21)出願番号 特願平11-319019
(22)出願日 平成11年11月10日(1999.11.10)
(31)優先権主張番号 09/191102
(32)優先日 平成10年11月12日(1998.11.12)
(33)優先権主張国 米国(US)

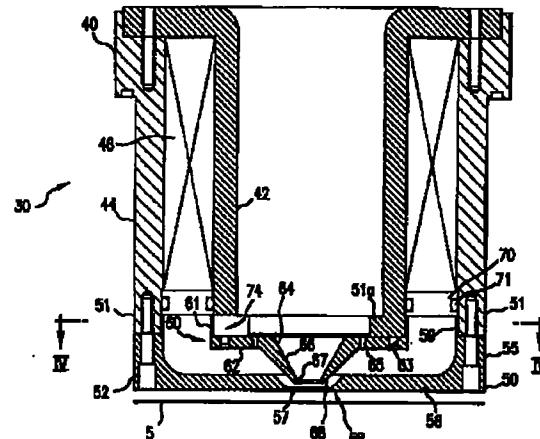
(71)出願人 591068137
シュルンベルジェ テクノロジーズ, イ
ンコーポレイテッド
SCHLUMBERGER TECHNO
LOGIES, INCORPOATED
アメリカ合衆国, カリフォルニア
95115, サンノゼ, テクノロジー ド
ライブ 1601
(72)発明者 ステファン ダブリュ. イント
アメリカ合衆国, マサチューセッツ
01451, ハーバード, アン リー ロ
ード 10
(74)代理人 100057793
弁理士 小橋 一男 (外1名)

(54) [発明の名称] 荷電粒子ビームフォーカシング用磁気レンズ

(57) 【要約】

【課題】 荷電粒子ビームのフォーカシングを改良した磁気的レンズを提供する。

【解決手段】 本発明レンズは、内側ヨークと、外側ヨークと、巻線とを具備するポールピースを有している。レンズ外側ポールが外側ヨークへ固定されており且つピームがそれを貫通して通過するように位置決めして画定されている第一開口を具備する第一表面を有している。レンズ内側ポールが内側ヨークに固定されており且つ第一開口と整合しているがより小さな直径を有するように画定されている第二開口を具備する第二表面を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子ビームをサンプルに向かって指向させる機器用の磁気レンズにおいて、内側ヨークと、外側ヨークと、巻線とを具備するポールビース、前記外側ヨークへ固定されており且つ前記ビームがそれを貫通して通過するように位置決めして固定されている第一開口を具備する第一表面を有しているレンズ外側ポール、前記内側ヨークへ固定されており且つ前記第一開口と整合しているがより小さな内径で固定されている第二開口を具備する第二表面を有しているレンズ内側ポール、を有していることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項2】 請求項1において、前記第一開口を固定するエッジがテーパ形状をしていることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項3】 請求項1において、前記第二開口を固定するエッジがテーパ形状をしていることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項4】 請求項1において、前記第二開口が前記第一開口よりも前記サンプルから遠くに離れていることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項5】 請求項1において、前記第二開口を取囲む前記第二表面の少なくとも一部が円錐形状であることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項6】 請求項1において、前記第一開口を取囲む前記第一表面の少なくとも一部が平坦状であることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項7】 請求項1において、前記第二開口を固定するエッジが少なくとも部分的に前記第一開口内へ延在していることを特徴とする磁気レンズ。

【請求項8】 請求項1において、前記第一開口を固定するエッジがギャップによって前記第二開口を固定するエッジから離隔していることを特徴とする磁気レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、機器によって発生された荷電粒子ビームをサンプルの特性を派生させるために非常に小さなスポットへフォーカシングさせる磁気レンズに関するものであって、更に詳細には、改良した高分解能を与える磁束パターンを形成する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 サンプル即ち試料の特性を派生させるためにサンプルとの荷電粒子の相互作用に依存する種々の機器が公知である。この様な機器の例としては、電子顕微鏡及びフォーカストイオンビーム顕微鏡がある。荷電粒子のフォーカシングした即ち集束させたビームは、又、電子ビームリソグラフィを実施する装置においても

10

20

30

40

50

使用されている。

【0003】 本発明の説明の便宜上、走査型電子顕微鏡(SEM)に関連して説明する。しかしながら、本発明は、SEMに制限されるべきものではなく、且つ当業者によって、荷電粒子のフォーカシングしたビームを必要とする上述したような機器及び装置に対して適用可能であることを理解すべきである。

【0004】 SEMはその表面のイメージング即ち画像形成を行うサンプルと衝撃する一次走査用電子ビームを発生させることによって動作する。その結果、後方散乱された電子及び二次電子がサンプル表面から射出され且つサンプルの表面近くに配設されている検知器によって収集される。該検知器は、電子ビームに露呈されているサンプル表面から収集した電子から信号を発生する。該検知器からの信号は、ビデオスクリーンの表面上にイメージ即ち画像を表示するために使用される。

【0005】 SEMの主要なコンポーネントの典型的な配置を概略的に図1に示してある。電子供給源2は電子ビーム3を発生し、それは管4の両端部における整合されている開口を介してサンプル5に向かって指向される。検知器6はサンプル5から射出された電子を収集する。ビーム3は検知器6内の開口8を介して通過する。ビーム3はスティグマーション(stigmation)コイル7、整合コイル9、走査コイル11a及び11b、レンズ13によって制御される。これらのコンポーネントの機能は公知である。簡単に説明すると、スティグマーションコイル7は、ビームの形状を補正するために使用される。整合コイル9は、管4を介してのビームを整合させるために使用される。走査コイル11a及び11bは、例えばビーム方向に対して垂直な面内におけるx方向とy方向に沿っての二つの方向において電子ビーム3を偏向させる。SEMはこれらのコンポーネントのうちの何れか一つを超えるもの有することが可能である。

【0006】 電磁レンズ13が、高分解能のイメージング即ち画像形成を可能とするために、非常に小さなスポットへビーム3をフォーカシング即ち集束させるために設けられている。レンズ13の一つのタイプは界浸レンズである。米国特許第5,493,116号は界浸レンズを開示しており、そのレンズを本明細書に添付した図面の図1及び2に概略的に示してある。それは、トロイダル形状のチャンネル形状をした磁気的ポールビース14を有しており、該ポールビースはレンズ内側ポール15とレンズ外側ポール17と、チャンネル内側の巻線19とを有している。

【0007】 SEMレンズの一つの特性はその電子光学的作業距離(E. O.)である。このE. O. はサンプル5の表面と該レンズの最大磁束密度の領域に対応する面との間の距離のことを意味している。レンズ13に対する最大磁束密度の領域は面22に位置している。この

E. O. はほぼ -1 mm だけわずかに負であるように記述され、従ってサンプル5の面は面2 2の上方である。この形態は、発生量の少ない後方散乱電子の収集効率を著しく増加させる利点を有するものであると言わわれている。なぜならば、電子がこのわずかに負のE. O. によって検知器（又は複数個の検知器）上へ掃引されるからであり、例えば垂直線から著しく離れた角度で初期的な軌跡に沿っての経路2 0を有するものとして示されている電子が偏向され且つ偏向された軌跡2 1を介して検知器に到達するからである（図2参照）。

【0008】しかしながら、この従来のアプローチの欠点は、図2に示したように、磁界がサンプル及び、例えば電子ビームと相対的にサンプルをその所望の走査位置へ移動させるために使用されるXYステージ（不図示）などのようなSEMにおいてサンプルの下側に存在している何かであってそれが磁気的特性を有するものである場合には、それらと相互作用を行うという点である。この様な相互作用は磁界に歪を発生させる。実際には、それは図2に示したようなものではなく、且つこのことは機器で達成可能な分解能を劣化させる。更に、サンプル下側の磁束は何ら有用な目的を達成するものではないが、それを発生するため電力が消費される。この磁束を発生するため使用される電力は熱を発生し、それはコイル巻線1 9から放散させることが必要である。更に、小さなスポットを発生させる場合の収差は、サンプル近くに磁界の集中点を有する磁束パターンを発生することによって最小とすることが可能である。この従来のアプローチはこの様な磁界を発生するものではないので、より高い収差係数が予測される。

【0009】ビンホールレンズは荷電粒子ビームをフォーカシングするための従来公知の磁気的レンズの別のタイプである。界浸レンズと対比して、ビンホールレンズによって発生される磁界のバルク即ち大部分はサンプルの上方にある（即ち、それは正のE. O. を有している）。このレンズの欠点は、それが高い焦点距離を有しており、そのことは高い分解能を得ることを阻害している。又、軸上及び近軸上電子はこの磁界を介して通過することは不可能であり、従って、検知器はレンズの下側に位置されねばならない。このことは、更に、焦点距離を増加させ且つ高分解能を達成する上での困難性を悪化させる。更に、その位置に位置された検知器は実質的に軸から離れた電子のみを収集することが可能であるに過ぎず、従ってその他の電子を失うこととなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、以上の点に鑑みなされたものであって、上述した如き従来技術の欠点を解消し、荷電粒子ビームのフォーカシングを改良した磁気レンズを提供することを目的とする。本発明の別の目的とするところは、改良した高分解能イメージング即ち画像形成を与える磁気的レンズを提供することであ

る。本発明の更に別の目的とするところは、収差係数を減少させたイメージング用の荷電粒子レンズを提供することである。本発明の更に別の目的とするところは、電力を浪費することのない磁気レンズを提供することである。本発明の更に別の目的とするところは、サンプル及びサンプル下側の物体と強く相互作用することを回避する技術を提供することである。本発明の更に別の目的とするところは、射出された電子が効率的に検知器に到達することを可能とする一方所望のレンズ特性を与える技術を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の一つの側面によれば、荷電粒子ビームをサンプルに向かって指向させる機器用の磁気レンズが提供される。ポールビース即ち極部材は内側ヨークと、外側ヨークと、巻線とを有している。レンズ外側ポール（極）が外側ヨークへ固定されており且つビームが貫通して通過するように位置決めして画定されている第一開口を具備する第一表面を有している。レンズ内側ポール（極）が内側ヨークへ固定されており且つ第一開口と整合されているがより小さな内径を有するように画定されている第二開口を具備する第二表面を有している。

【0012】

【発明の実施の形態】図3は本発明に基づくレンズ3 0の断面を示している。磁気的レンズ3 0はトロイダル形状でチャンネル形状の磁気的ポールビース4 0を有している。ポールビース4 0は内側ヨーク4 2と、外側ヨーク4 4と、チャンネル内側の巻線4 6とを有している。これらのコンポーネントがSEM内に装着される態様は公知であり、従って、その詳細な説明は割愛する。

【0013】次に、本発明の原理を具体化したレンズの特定の特徴について説明すると、内側及び外側ヨーク4 2及び4 4は、サンプル5に向かって突出しており且つビーム3をそれがサンプルに衝撃する場合に非常に小さなスポットヘフォーカシング即ち集束させる磁束パターンを形成すべく機能するポール5 0及び6 0が設けられている。特に、且つ図3及び4を参照すると、外側ヨーク4 4の底端部5 1にレンズ外側ポール5 0が取付けられている。ポール5 0は円筒状の外側部分5 5と、サンプル5と実質的に平行な面内に位置している実質的に平坦な水平内側部分5 6とを有している。フランジ5 9が部分5 5の内側周辺部に位置している。フランジ5 9は組立期間中に該部分の整合を容易なものとさせる。更に、それはシール7 0を支持すべく作用する。シール7 0内のOリング7 1が、公知の如く、巻線4 6によって占有されている空間が真空中に位置されることを必要とすることなしに、真空中を維持するためにレンズの内部をシールする。孔5 2がポール5 0を螺子（不図示）によってヨーク4 4へ取付けるために外側部分5 5内に設けられている。中心に位置されている円形状の開口5 7が

50

エッジ5 8によって内側部分5 6において画定されている。エッジ5 8は以下に詳細に説明するような態様でテープ形状とされている。ポール5 0は該レンズを動作するのに必要な磁束を担持するのに充分な磁気的特性を有する任意の物質から構成することが可能である。

【0014】内側ヨーク4 2の底端部5 1 aにはレンズ内側ポール6 0が取付けられており、それはサンブル5に対して実質的に平行な面内に位置している実質的に平坦な水平な外側部分6 2の上部外側周辺部にフランジ6 1を有している。フランジ6 1は組立期間中の該部分のアライメント即ち整合を容易なものとさせる。更に、それはシール7 0を支持すべく作用する。孔6 3が部分6 2を貫通して形成されており、螺子(不図示)によってポール6 0をヨーク4 2へ取付ける。水平部分6 2は、又、検知器(不図示)を所定位置に固定する孔6 5を有している。ポール6 0の内側部分6 6は、外側部分6 2のI. D. 6 4から始まってサンブル5に向かって下方へ傾斜しており且つエッジ6 8によって画定される中央の円形状の開口6 7を有している。開口6 7は開口5 7よりも小さく且つそれと同心状である。角度のついた内側部分6 6はエッジ6 8に向かって下方へテープしている。内側部分6 6は以下に詳細に説明するような態様でテープ形状をしている。エッジ6 8は以下に更に説明するようにポール5 0の内側部分5 6の上方の面内に位置している。真空を形成する際のポンプダウン期間中に空気が外部へ通過することを許容するために円周上のギャップ7 4が設けられている。又、ギャップ7 4は検知器用の巻線を収容する。これらのギャップは収差を形成することを回避するために対称的に配列されるべきであるが、完全な対称性からある程度のずれは許容可能な場合がある。

【0015】図5はレンズ外側ポール5 0及びレンズ内側ポール6 0に関するさらなる詳細を示している。ポール6 0のI. D. 6 4は垂直線(即ち、軸上方向)から広い角度に亘って射出される全ての電子が検知器に到達することを可能とするように選択されている。開口6 7のI. D. 及びポール6 0の内側部分6 6の円錐に対する角度は、射出された電子が検知器に到達することを可能とするこの考察に基づいて選択されている。この物理的配列を記述する別の方法は、線6 6 aに沿って部分6 6の内側表面の仮想的な延長部がビームによって結像されるサンブル5の区域に到達するというものである。

【0016】これらの寸法及び形態がレンズ内側ポール6 0に対して確立されると、ポール6 0と相対的な適宜の位置決め及び勾配によって磁界を形成するためにレンズ外側ポール5 0の形態が特定される。より詳細に説明すると、ポール5 0は磁界を消失させるようにポール6 0へ近づけさせることは不可能である。ある程度のギャップが与えられねばならない。内側部分6 6はサンブル5に向かって下方へ角度を有しているので、エッジ5 7

の上表面のテープ及び内側部分6 6の下側表面のテープはポール5 0及び6 0の間に選択した距離の一様なギャップを形成する。しかしながら、このギャップは一様なものであることは必要ではない。なぜならば、このギャップが一様であることはビームに影響を与える磁束パターンにはほとんど影響を与えることがないからである。更に、図5に示したように、仮想線で示されたエッジ5 8のテープが付いた表面の延長部は仮想延長部6 6 aとサンブル上のほぼ同一のスポットに到達する。

【0017】開口6 7の直径は、磁束パターンがサンブル5に向かって下方へ伸びるように、開口5 7の直径よりも小さなものでなければならない。ポール6 0の開口6 7はポール5 0の開口5 7上方の面内に位置している。その結果、レンズによって形成される最大磁束密度の領域を上昇させている。開口6 7の直径は焦点距離及び該レンズによって発生される磁界の形状に影響を与える。従って、より大きな直径はより長い焦点距離を発生し、且つその逆も又真である。更に、開口5 7の直径を不变のまま維持しながらこの直径を増加させると、最大磁束密度の領域は上昇される。

【0018】図6はレンズ3 0によって発生される磁束パターンを示すと共に、どの様にしてその磁束パターンがサンブル5と相対的に位置されているかを示している。最大磁束密度の領域に対応する面7 8が該レンズによって形成される。面7 8は該レンズの底部(例えば、部分5 6の底部表面)とサンブル表面との間とすべきである。このことは、正のE. O. を形成し、サンブル5の面が面7 8の下側となる。レンズから出てくる磁界とサンブル及び/又はサンブル下側の物質との間の相互作用が不所望のものである場合には面7 8を上昇させることが可能である。しかしながら、レンズコンポーネントの寸法及び位置決めを調節することによって、面7 8を低下させることも可能であり、例えばサンブルから射出される電子の経路を制御するために望ましいものである場合には、負のE. O. の範囲へ降下させることも可能である。

【0019】本発明に基づくこの形態は幾つかの有益的な結果を有している。磁界はサンブル5に到達して効果的にビームをフォーカシングするが、該磁界の有意性のない部分のみがサンブルの下側に延在するに過ぎない。このことは磁界とサンブル及び磁界に歪を発生させ且つ分解能に悪影響を与える可能性のあるサンブル下側のコンポーネントとの相互作用を回避している。又、磁束パターンはサンブルの近くにおいて磁界の集中を有している。図7は磁束の等電位線8 0を示しており、それは収差係数が低い良好なる磁束パターンを示している。この様な磁界はより少ないパワーを使用して形成することが可能であり、そのことは熱の発生を効果的に減少させる。

【0020】以上、本発明の具体的実施の態様について

詳細に説明したが、本発明は、これら具体例にのみ制限されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに種々の変形が可能であることは勿論である。例えば、高さ及び角度などの寸法を変更することができる。寸法のスケーリング即ち拡縮も可能である。面56、62は平坦であることは必ずしも必要ではなく、サンプル5に対して平行であることも必ずしも必要ではない。又、上述した磁気的レンズ特性と結合して公知の静電技術を適用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のSEMの概略断面図。

【図2】 図1からのレンズ及びそれによって発生される磁束パターンを示した概略分解図。

【図3】 本発明に基づくレンズの図4におけるIII-III線に沿ってとった断面図。

【図4】 図3におけるIV-IV線に沿ってとった断面図。

*面図。

【図5】 図3からのレンズの一部の拡大図。

【図6】 図3からのレンズの一部及びそれによって発生される磁束パターンを示した概略図。

【図7】 図5と同様の図であって図6の磁束パターンに対する等電位線を示した概略図。

【符号の説明】

3 ピーム

5 サンプル

10 30 磁気的レンズ

40 ポールビース

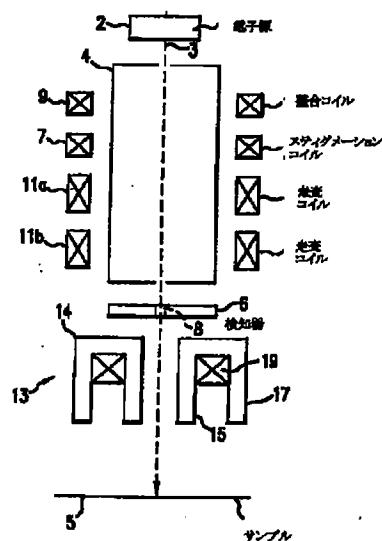
42 内側ヨーク

44 外側ヨーク

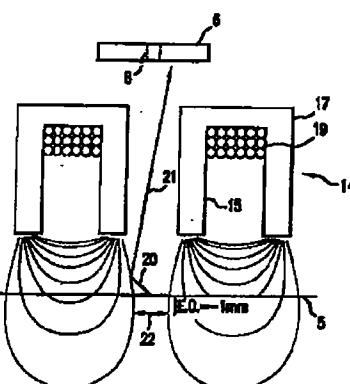
46 卷線

50, 60 ポール

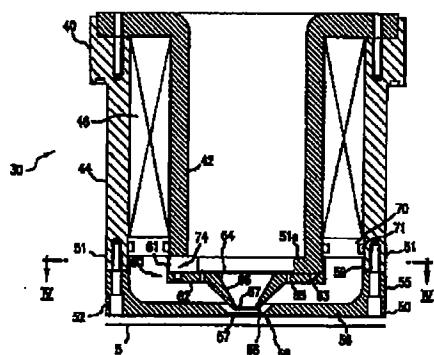
【図1】



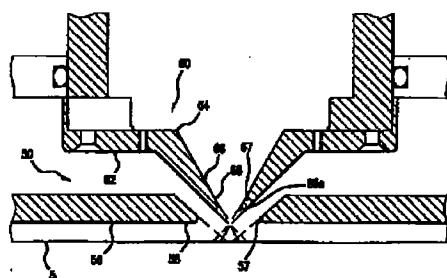
【図2】



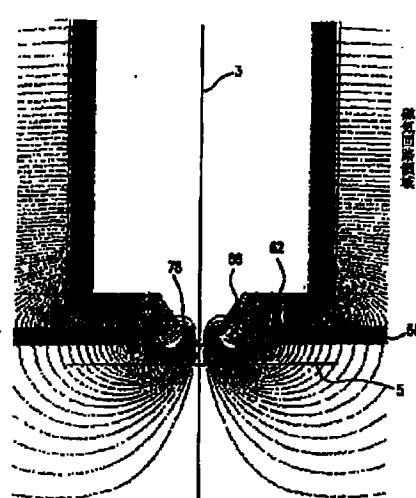
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

